



TITLE:

有限メカニズムを有するヒンジ接合骨組の変形特性判別法(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

和多田, 遼

CITATION:

和多田, 遼. 有限メカニズムを有するヒンジ接合骨組の変形特性判別法.
京都大学, 2019, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2019-03-25

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k21751>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	和多田 遼
論文題目	有限メカニズムを有するヒンジ接合骨組の変形特性判別法		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、部材端に任意方向に回転可能なヒンジを有する骨組メカニズムの有限変形特性を判別する方法と、骨組メカニズムを建築構造に応用するための手法を提案したものであり、6章からなっている。各章の要旨は以下のとおりである。</p> <p>第1章は序論であり、建築の展開構造へのシザーズメカニズムなどの適用について概観し、現状の研究の問題点をまとめている。また、微小変形メカニズムと大変形メカニズムの相違点を解説し、不静定次数と不安定次数の判定法、微小変形メカニズムの次数の定義、対称性を有する構造への群論の適用についてのこれまでの研究を述べるとともに、本論文の目的と構成を示している。</p> <p>第2章では、部材端に任意方向に回転可能なヒンジを有する骨組を対象とし、部材の中央点と節点の自由度を独立に定義して、部材と節点の有限回転を回転軸の方向と回転の大きさを変数とする単一の有限回転で表現するモデルを提案している。このモデルを用いることにより、有限変形状態での部材端と節点の変位と回転角の非適合量を簡潔な表現で定式化することが可能となった。また、部材端にヒンジあるいはユニバーサルジョイントを有する骨組について、部材端の回転軸とヒンジの回転軸が平行になる条件を回転軸ベクトルの外積を用いて表現し、変形の非線形適合条件式を導いている。</p> <p>第3章では、非線形適合条件式を変形経路パラメータで微分することによって、線形の適合条件式を定める線形適合行列を導き、その特異値分解での右特異ベクトルから微小変形メカニズムモードを、左特異ベクトルから一般化自己釣合モードを導出している。また、非線形適合条件式を変形経路パラメータで逐次微分して、非適合量の級数展開表現を導いている。微分演算には数式処理ソフトウェアを用い、そのプログラムを付録に掲載している。骨組が1個の微小変形メカニズムを持つ場合について、微小変形メカニズムモードから得られる高次の一般化ひずみベクトルが全ての一般化自己釣合モードと直交する条件として、メカニズムが有限変形メカニズムであるための必要条件を導出している。この条件を用いて有限変形メカニズムでない骨組の判別が可能であることを、2種類の支持条件を有する2部材メカニズムと、4部材メカニズムの例題で示している。さらに、変位の高次のテイラー展開式を用いて変形状態を追跡し、十分に大きい変形状態まで、汎用有限要素解析プログラムによる解析結果と十分な精度で一致することを確認している。</p> <p>第4章では、骨組メカニズムの応用例として、四角形の Bennet linkage と六角形の Bricard linkage を拡張し、$2N$本の部材が正 $2N$角形の形状から1本の直線状に折り畳まれる1自由度のメカニズムをもつ骨組を提案している。Nが6の場合について、節点での変位と回転角の非適合量のテイラー展開式の係数を計算することにより、骨組が有限変形メカニズムであるための必要条件を満たすことを示し、高次のテイラー展開によって十分に大きい変形まで近似できることを明らかにしている。また、骨組が三角形断面をもつとき、大変形メカニズムによって正 $2N$角形の棒に折り畳まれる条件を解析的に導き、Nが2から10の整数値をとる場合について、有限要素解析を用いた強制変位解析により、折り畳み過程において内力が発生しないことを確認している。さらに、建築構造への応用例として、正 $2N$角形の骨組メカニズムを組み合わせたドーム型構造物を開発し、部材の軸伸縮機構を組み合わせることで、直線状に折り畳んだ状態からさらに小さく格納することができる</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	和多田 遼
<p>展開構造物を提案している。この構造物は、単位ユニットあたりの部材数、積層する段数、各段の初期形状を、棒に折り畳まれる条件を満たす範囲で任意に決められるため、さまざまなドーム形状の展開構造に適用できる。</p> <p>第5章では、骨組が1自由度のメカニズムをもち、その幾何学的対称性が二面体群で表現される場合について、非線形適合条件式の群同変性を表現行列を用いて定式化し、線形適合行列の群同変性の表現を導いている。また、非線形適合条件式を Liapunov-Schmidt reduction を用いて縮約し、陰関数定理により、対称性が縮約された系に継承することを示すと同時に、一般化自己釣合モード数が1の場合について、メカニズムモードと一般化自己釣合モードそれぞれの群対称性の1次の既約表現の組合せから、骨組が有限メカニズムをもつための十分条件を導いている。また、表現行列を体系的に求めるために軌道の考え方を利用し、表現行列の規約表現を行列の固有値から決定する方法を提案している。さらに、一般化自己釣合モードの数が2以上の場合について、一般化自己釣合モードの対称性の1次と2次の規約表現を用いて上記の十分条件を拡張し、12部材及び6部材メカニズムの数値例題により検証している。</p> <p>第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

氏 名

和多田 遼

(論文審査の結果の要旨)

本論文では、部材端に任意方向のヒンジを有する骨組メカニズムの有限変形特性を判別する方法と、骨組メカニズムを建築構造に応用するための手法を提案している。以下、その内容と得られた結果を記す。

(1) 部材端に任意方向のヒンジを有する骨組の部材端変位と節点変位の非適合量を定義するモデルを提案した。このモデルは、部材の中央点と節点の自由度を独立に定義し、部材と節点の有限回転を回転軸の方向と回転の大きさを変数とする単一の有限回転で表現することにより、有限変形での部材端と節点の変位の非線形適合条件式を簡潔な表現で導出することが可能となった。

(2) 上記(1)の非線形適合条件式を変形経路パラメータで微分することによって線形の適合条件式を定める行列を導き、その特異値分解から微小変形メカニズムモードと一般化自己釣合モードを導出した。また、骨組が 1 個の微小変形メカニズムを持つ場合、そのメカニズムが有限変形メカニズムであるための必要条件を導出する級数展開法を提案し、微小変形メカニズムの高次項が存在するための必要条件を導出した。本手法により有限変形メカニズムでない骨組の判別が可能であることを、簡単なモデルの数値例題で示した。

(3) 骨組メカニズムの応用例として、 $2N$ 本の部材が正 $2N$ 角形の形状から 1 本の直線状に折り畳まれる 1 自由度のメカニズムを持つ骨組を提案し、上記(2)の級数展開法を用いてその骨組が有限変形メカニズムであるための必要条件を満たすことを示した。また、建築構造物への応用例として、同骨組を組み合わせたドーム型構造物を開発した。さらに、その骨組と部材の軸伸縮機構を組み合わせることで、折り畳んだ状態からさらに小さく格納することができる構造物を提案した。

(4) 骨組メカニズムの幾何学的対称性が二面体群で表現され、同骨組が 1 自由度のメカニズムモードと 1 個の自己釣合モードを持つ場合について、それらの対称性の組合せから、骨組が有限メカニズムを持つための十分条件を導いた。また、その条件を一般化自己釣合モードの数が 2 以上の場合に拡張し、数値例題により検証した。

本論文は、建築の展開構造物に用いられる骨組メカニズムを対象として、大変形特性を判別するための手法を提案したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 31 年 2 月 20 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。